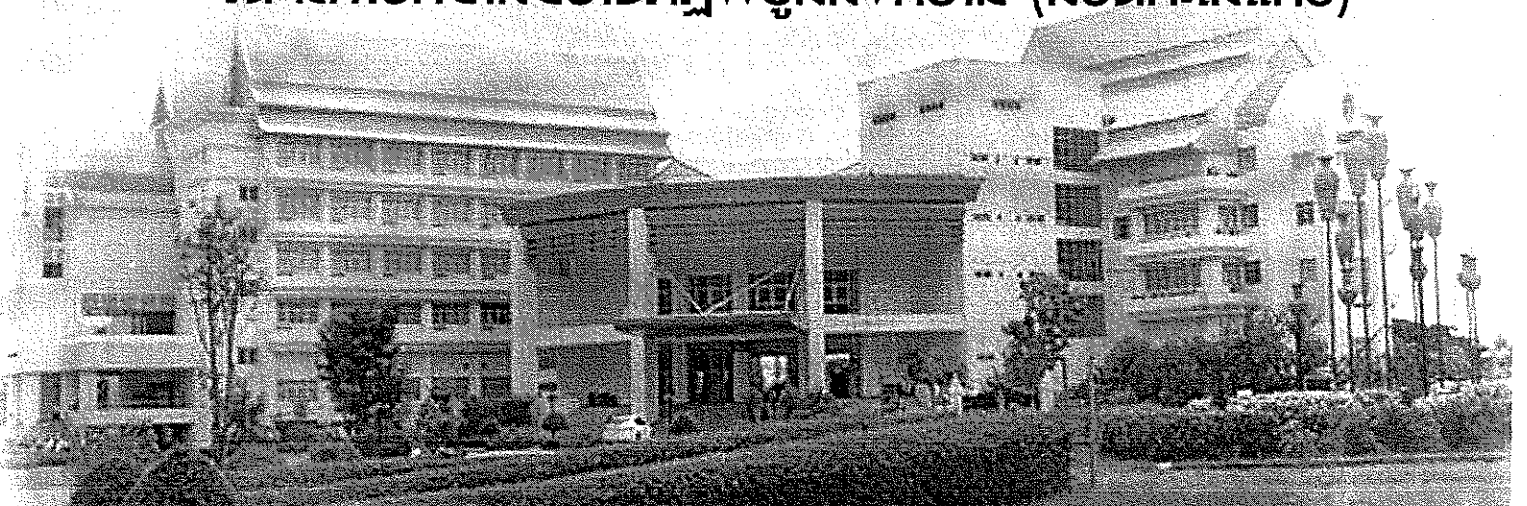




P-B34

ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการดูดซับและทนทานต่อสารพิษพวกไซยาไนด์ในน้ำ

ปิยะดา วชิระวงศ์กร *

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Corresponding author, email; piyada333@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการบำบัดไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำได้ใช้หญ้าแฝก 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี มาบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนไซยาไนด์ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในการทดลองจะใช้หญ้าแฝก 1 ต้น บำบัดน้ำที่ปนเปื้อนไซยาไนด์ 5 ลิตร ที่บรรจุในถังพลาสติก วางตั้งไว้ในเรือนเพาะชำ โดยในทุกสัปดาห์จะทำการเก็บน้ำเพื่อตรวจวัดหาปริมาณไซยาไนด์ในน้ำ วัดความสูงของต้น ความยาวของราก และความทนทานของหญ้าแฝก เป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ความสูงของต้นและความยาวของรากหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำปนเปื้อนไซยาไนด์มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH12) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาเป็นสายพันธุ์ที่สามารถดูดซับไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำได้ดีที่สุด ในขณะที่หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 และ สุราษฎร์ธานี ไม่สามารถทนต่อน้ำที่ปนเปื้อนไซยาไนด์ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ โดยยังคงเหลือไซยาไนด์ปนเปื้อนในน้ำเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของกรมควบคุมมลพิษ และเมื่อพิจารณาความทนทานของหญ้าแฝก จะเห็นได้ว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาสามารถทนทานต่อพิษไซยาไนด์ได้มากกว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาจึงมีความเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนไซยาไนด์มากที่สุด

คำสำคัญ: หญ้าแฝก, ไซยาไนด์, การฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมด้วยพืช

ADSORPTION EFFICIENCY AND TOLERANCE OF VETIVER GRASS IN CYANIDE CONTAMINATED WATER

Piyada Wachirawongsakorn *

Faculty of Science and Technology, Pibulsongkarm Rajabhat University

Corresponding author, email; piyadam333@hotmail.com

Abstract

The study on cyanide (CN) contaminated water treatment efficiency was used three vetiver grass ecotypes as Sri Lanka, Songkhla 3 and Surat Thani for CN contaminated water treatment. The CN concentration in water of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50 mg/L were used. In each experiment pot, a vetiver grass was used to treat 5 liters of CN contaminated water in plastic pot which located in greenhouse. CN concentration in water, leave and root lengths and vetiver grass tolerance were measured for every week for two months. The results showed that leave and root lengths growth in CN contaminated water were significant shorter than in distilled water and distilled water with pH12 ($p \leq 0.05$). Sri Lanka was the best CN adsorbed ecotype. Songkhla 3 and Surat Thani ecotypes could not tolerance to the CN contaminated water since 35 mg/L and still had the rest CN contaminated water above surface water quality standard of PCD. For the tolerance of vetiver grass in CN contaminated water, the results showed that Sri

Langka ecotype could more significant tolerance than Songkla 3 and Surat Thani ecotypes ($p \leq 0.05$). Therefore, Sri Lanka ecotype was the best ecotype for CN remediation.

Keywords: vetiver grass, cyanide, phytoremediation

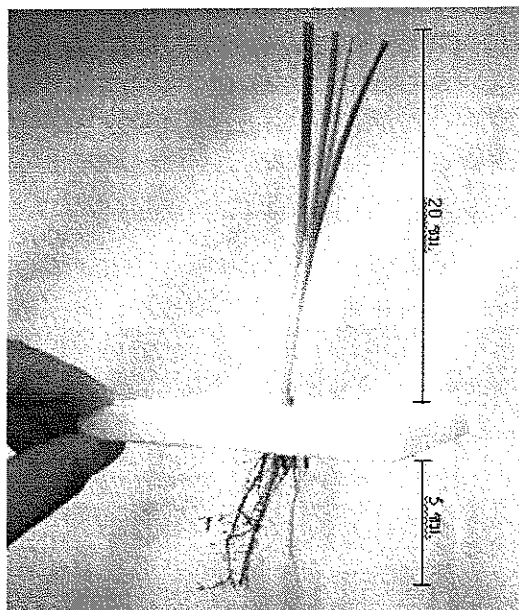
บทนำ

สารกลุ่มไซยาไนด์ที่รู้จักโดยทั่วไปมี 2 ตัว คือ กลีโกลไซยาไนด์ มีสถานะเป็นของแข็ง จะอยู่ในรูปของโซเดียมไซยาไนด์ หรือโพแตสเซียมไซยาไนด์ ส่วนอีกตัวหนึ่งมีสถานะเป็นก๊าซคือ ไฮโดรเจน ไซยาไนด์ โดยไซยาไนด์จะเป็นพิษต่อร่างกายถึงตายได้ไม่ว่าจะเป็นกลีโกลไซยาไนด์หรือก๊าซ อย่างไรก็ตามไซยาไนด์ถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตในล่อน ยาฆ่าแมลง และอุตสาหกรรมเหมืองแร่ทองคำ เป็นต้น (Hall et. al., 1986) ปัจจุบันได้มีความตื่นตัวต่อการปนเปื้อนของไซยาไนด์ในสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะจากการประกอบอุตสาหกรรมการทำเหมืองแร่ทองคำ ซึ่งการเปิดเหมืองแร่เพื่อขุดทองเป็นผลให้เกิดของเสียและสิ่งปฏิกูลจำนวนมาก ตั้งแต่กระบวนการบดสินแร่และนำไปเข้าสู่กระบวนการสกัดเพื่อให้ได้ทองออกมาซึ่งต้องใช้สารไซยาไนด์ สารซัลไฟด์ในการระเบิดหินเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำบนอากาศทำให้เกิดฝนกรด โดยไซยาไนด์ที่ใช้ในการสกัดแร่ทองคำนั้นจัดเป็นสารเคมีที่อันตรายที่สุด อาจจะทำให้ตัวผู้ที่ได้รับสารเคมีตายอย่างกะทันหันได้ การแพร่กระจายของสารเคมีชนิดนี้อาจจะเป็นต้นเหตุของการอาการปวดหัว อาการคลื่นไส้ สะอิดสะเอียน อาการหายใจไม่ออก อาการสับสน และระบบหลอดเลือดหัวใจล้มเหลว (จุฑารัตน์, 2547) สิ่งที่เป็นอันตรายที่สุดในการใช้สารไซยาไนด์ในอุตสาหกรรมเหมืองทองคำก็คือ การชะล้างของสารพิษชนิดนี้ลงในพื้นดินและแหล่งน้ำ ไม่ต้องสงสัยเลยว่าหากไซยาไนด์เล็ดลอดสู่ระบบนิเวศมันจะทำลายทุกอย่างให้เสียหายได้โดยสิ้นเชิง ไซยาไนด์สามารถแทรกซึมลงสู่กระแสน้ำใต้ดินหรือถูกชะลงสู่แม่น้ำ ท้นที่ที่ลงสู่แม่น้ำปลาจะตาย น้ำใต้ดินไม่สามารถนำมาใช้ดื่มได้ ระบบชลประทานเพื่อการเกษตรเสียหายไปทั้งหมด (อรรถพงษ์, 2552) การทำลายแหล่งน้ำจึงเป็นข้อเสียหลักๆ ที่จะตามมาจากการทำเหมืองทองคำ น้ำเสียจากการทำเหมืองแร่จำนวนมากจะสร้างผลกระทบอย่างรุนแรงต่อชุมชนท้องถิ่น ซึ่งหลายต่อหลายชุมชนได้รับผลกระทบจากการที่ไม่มีน้ำใช้ไปเรียบร้อยแล้ว จะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีชาวบ้านจำนวนมากที่ออกมาเรียกร้องผู้ประกอบการทำเหมืองแร่ทองคำจากคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของคุณภาพน้ำและความเป็นอยู่ของคนในชุมชนบริเวณใกล้เหมืองทองคำในหลายๆ พื้นที่ จึงสนใจในการที่จะหาแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจากการปนเปื้อนของไซยาไนด์ โดยอาศัยเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ ซึ่งพระองค์ทรงต้องการให้เป็นเทคโนโลยีที่ง่าย สะดวก และเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติให้ช่วยเหลือธรรมชาติด้วยกันเอง โดยการอาศัยพืชช่วยในการกรองหรือฟอกน้ำให้สะอาดขึ้น อันเป็นผลมาจากพืชจะดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินช่วยประกอบกัน ถือได้ว่าเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำบัดน้ำเสียที่ต้องลงทุนสูงอย่างในปัจจุบัน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552) โดยการบำบัดน้ำเสียโดยใช้หญ้าแฝก จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นับจับตามองเนื่องด้วยมีการศึกษาวิจัยจำนวนมากที่ยืนยันว่าหญ้าแฝกมีคุณสมบัติในการดูดซับพวกโลหะเป็นพิษได้ดี ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของการใช้หญ้าแฝกมาบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนไซยาไนด์ โดยจะทำการทดลองใช้หญ้าแฝกที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียแบบแทนลอนน้ำแทนการบำบัดด้วยผักตบชวา คือ หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี มาศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำและความทนทานต่อพิษของไซยาไนด์ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากไซยาไนด์ให้กับประชาชนที่ต้องอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ทองคำ อันจะส่งผลให้ประชาชนมีสุขภาพที่ดีและดำรงชีวิตอยู่อย่างมีความสุข

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการดูดซับและทนทานต่อพิษไซยาไนด์ในน้ำเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัดไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำได้คัดเลือกหญ้าแฝกกลุ่ม (*Vetiveria zizanioides* Nash) จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี ซึ่งหญ้าแฝกที่ใช้ทดลองจะมีอายุประมาณ 3 เดือน โดยก่อนนำหญ้าแฝกมาใช้ในการทดลอง จะนำหญ้าแฝกมาแช่น้ำพร้อมใส่

ปุยบำรุงให้ต้นแข็งแรงก่อนเป็นระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ หญ้าแฝกที่พร้อมสำหรับการทดลองจะถูกนำมาตัดให้ส่วนรากมีความยาว 5 เซนติเมตร และมีความสูงของต้น 20 เซนติเมตร แล้ววางบนแท่นโฟมสำหรับลอยน้ำ โดยใช้ฟองน้ำเป็นตัวยึดให้ลำต้นตั้งตรง (ภาพที่ 1) จากนั้นนำไปบำบัดน้ำเสียไซยาไนด์สังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองได้มาจากการเตรียมโซเดียมไซยาไนด์ (NaCN) ผสมกับน้ำกลั่น 5 ลิตร ในระดับความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ระหว่างทำการทดลองจะทำการรักษาสภาพของน้ำตัวอย่างที่ใช้ทดลองด้วยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ให้มีค่า pH เท่ากับ 12 เพื่อเป็นการป้องกันให้ไซยาไนด์ที่เติมลงไปอยู่ในรูปของไซยาไนด์ไอออน (CN⁻) และป้องกันการเกิดแก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ซึ่งเป็นแก๊สที่มีพิษสูง (ปรีชา, 2550)



ภาพที่ 1 การเตรียมหญ้าแฝกสำหรับการทดลองการดูดซับไซยาไนด์ในน้ำ

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับและความทนทานของหญ้าแฝกในน้ำที่ปนเปื้อนไซยาไนด์นั้นมีการวางแผนการทดลองแบบ CRD 3 ซ้ำ โดยการนำหญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์ มาใช้บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อนอยู่ในระดับต่างๆ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังมีการทดลองชุดควบคุมอีก 2 ชุด คือ ชุดที่ปลูกหญ้าแฝกในน้ำกลั่น และชุดที่ปลูกหญ้าแฝกในน้ำกลั่นที่ปรับค่า pH เท่ากับ 12 โดยระหว่างการปลูกหญ้าแฝกในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนไซยาไนด์จะทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกจากความยาวของรากและความสูงของต้น นอกจากนี้ยังสังเกตลักษณะทางกายภาพที่เกิดขึ้นกับหญ้าแฝกตลอดระยะเวลาที่ใช้บำบัดไซยาไนด์ในน้ำทุกสัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง และวัดประสิทธิภาพของ หญ้าแฝกในการบำบัดไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยตรวจวัดไซยาไนด์ที่เหลืออยู่ในน้ำด้วยวิธี Cyanide Selective electrode (Modal Seven Muti Mettler) ทุกๆ สัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง ผลจากการทดลองจะทำการคัดเลือกหญ้าแฝกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำได้ดีที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการดูดซับและกักเก็บสารพิษพวกไฮยาไนด์ในน้ำเป็นระยะเวลา 2 เดือน สามารถแสดงผลการศึกษาและอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำปนเปื้อนไฮยาไนด์

จากการวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกจากความสูงของต้นและความยาวของรากเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 มีความสูงของต้นมากที่สุด รองลงมา คือ หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และศรีลังกา ตามลำดับ เมื่อความเข้มข้นของไฮยาไนด์ในน้ำเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นหญ้าแฝกลดลง เนื่องจากการดูดซับไฮยาไนด์เข้าไปในลำต้นของแฝกซึ่งทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกชะงักลง และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างความสูงของต้นหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำที่ปนเปื้อนไฮยาไนด์กับน้ำชุดควบคุมทั้ง 2 ชุด คือ น้ำกลั่นและน้ำกลั่นที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH12) จะเห็นได้ว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำปนเปื้อนไฮยาไนด์นั้นมีความสูงของต้นหญ้าแฝกน้อยกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำชุดควบคุมทั้ง 2 ชุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในทุกระดับความเข้มข้น สำหรับความยาวของรากหญ้าแฝกมีแนวโน้มเช่นเดียวกับความสูงของต้น กล่าวคือจะมีความยาวของรากน้อยลงเมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของไฮยาไนด์ในน้ำเพิ่มมากขึ้นทั้ง 3 สายพันธุ์ ซึ่งหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาและสุราษฎร์ธานีนั้นมีความยาวเฉลี่ยของรากสูงที่สุดในระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีความยาวเฉลี่ยของรากเท่ากันคือ 11.0 เซนติเมตร รองลงมา คือหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 มีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 10.2 เซนติเมตร โดยน้ำที่มีไฮยาไนด์ปนเปื้อนในระดับความเข้มข้น 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีความยาวเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์อยู่ระหว่าง 9.0-9.2 เซนติเมตร สำหรับน้ำที่มีไฮยาไนด์ปนเปื้อนในระดับความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีความยาวเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์อยู่ระหว่าง 8.2-8.3 ในขณะที่หญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำปนเปื้อนไฮยาไนด์ในระดับความเข้มข้นที่ 50 มิลลิกรัม/ลิตร มีความยาวเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์เพียง 7.2-7.4 เซนติเมตร แต่เมื่อเปรียบเทียบความยาวของรากหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำที่ปนเปื้อนไฮยาไนด์ทุกระดับความเข้มข้น พบว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำปนเปื้อนไฮยาไนด์ มีความยาวรากน้อยกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำกลั่นและน้ำกลั่นที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH12) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นวลฉวี และคณะ (2544) ที่กล่าวว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของธาตุโลหะมากขึ้นก็จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งทางรากและลำต้นทำให้ชะลอการเจริญเติบโต

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความสูงของต้นและความยาวของรากหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำที่ปนเปื้อนไฮยาไนด์

ความเข้มข้น (ml)	ความสูงของต้นหญ้าแฝก (cm)			ความยาวของรากหญ้าแฝก (cm)		
	ศรีลังกา	สงขลา3	สุราษฎร์ฯ	ศรีลังกา	สงขลา3	สุราษฎร์ฯ
5	26.1f	30.2j	27.9g	11.0a	10.2a	11.0a
10	24.1d	26.0f	25.0e	9.2b	9.0b	9.2b
15	24.4d	26.0f	25.1e	9.1b	9.1b	9.0b
20	23.8c	24.1d	23.8c	8.2c	8.2c	8.2c
25	23.9c	24.2d	23.4c	8.5c	8.8c	8.4c
30	22.0b	24.1b	22.3b	8.3c	8.1c	8.9c
35	22.3b	23.6c	22.5b	8.0c	7.3d	7.4d
40	22.1b	23.3c	22.1b	8.0c	7.4d	7.3d
45	22.8b	23.1c	22.5b	8.0c	7.5d	7.3d
50	21.6a	22.7b	21.5a	7.4d	7.2d	7.3d
น้ำกลั่น	30.4j	32.0l	31.3k	13.2f	12.4e	12.7e
น้ำกลั่น (pH12)	28.4h	31.4k	29.8i	12.6e	12.0e	12.2e

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. การดูดซับไซยาไนด์และความทนทานของหญ้าแฝกในการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนไซยาไนด์

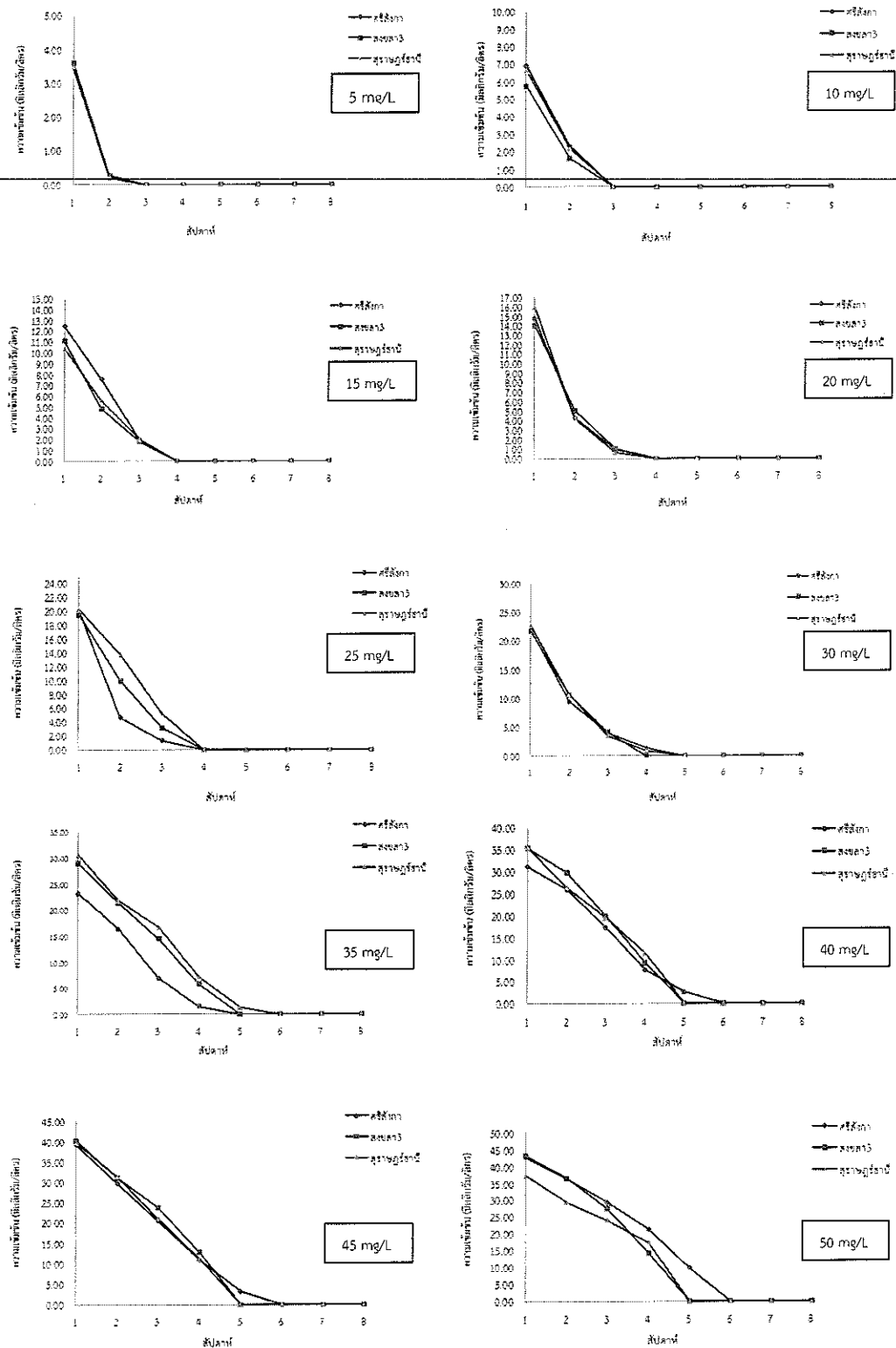
เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณไซยาไนด์ที่เหลือในน้ำหลังจากใช้หญ้าแฝกบำบัด พบว่าที่ระดับความเข้มข้นที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าหญ้าแฝกทุกสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ในน้ำจนหมด ในขณะที่หญ้าแฝกที่ปลูกในระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป ยังคงเหลือไซยาไนด์ปนเปื้อนในน้ำปริมาณมาก ยกเว้นหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาที่ยังคงบำบัดไซยาไนด์ได้จนไม่เหลือปนเปื้อนในน้ำจนถึงระดับ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการบำบัดด้วยหญ้าแฝก จะพบว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกามีปริมาณไซยาไนด์คงเหลือในน้ำน้อยที่สุดคือ 9.87 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจมีสาเหตุมาจากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาสามารถทนทานต่อพิษไซยาไนด์หรือมีระยะเวลาในการดูดซับไซยาไนด์มากกว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี (ภาพที่ 2 และ ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาความทนทานของหญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกามีความทนทานต่อพิษไซยาไนด์นานที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น ซึ่งมีความแตกต่างกับหญ้าแฝกสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาความทนทานของหญ้าแฝกในแต่ละระดับความเข้มข้น พบว่าหญ้าแฝกทุกสายพันธุ์จะมีความทนทานต่อพิษไซยาไนด์ลดลงเรื่อยๆ เมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชีระสมหวัง และคณะ (2548) ที่กล่าวไว้ว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำเสียที่มีปริมาณโลหะหนักมากขึ้น เมื่อพิจารณาความสูงของต้นกับช่วงระยะเวลาการปลูกจะเห็นได้ว่าความสูงของต้นหญ้าแฝกลดลง เนื่องจากดูดซับโลหะหนักเข้าไปในลำต้นทำให้ชะงักการเจริญเติบโต และทำให้บางสายพันธุ์แห้งตายในบางส่วนเพราะทนต่อพิษโลหะหนักไม่ได้ สำหรับในระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาสามารถทนทานต่อพิษไซยาไนด์ได้นานถึง 5 สัปดาห์ ซึ่งแตกต่างกับหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์นี้สามารถทนทานต่อพิษไซยาไนด์ได้เพียง 4 สัปดาห์เท่านั้น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณไซยาไนด์ที่เหลืออยู่ในน้ำหลังการบำบัดโดยใช้หญ้าแฝกบำบัดและความทนทานของหญ้าแฝกต่อพิษของไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำในการทดลอง

ความเข้มข้น (ml)	ปริมาณไซยาไนด์ที่ดูดซับ (mg/l)			ความทนทานของหญ้าแฝก (สัปดาห์)		
	ศรีลังกา	สงขลา3	สุราษฎร์	ศรีลังกา	สงขลา3	สุราษฎร์
5	Nda	Nda	Nda	8a	6a	8a
10	NDa	NDa	NDa	8a	6a	7b
15	NDa	NDa	NDa	8a	5b	7b
20	NDa	NDa	NDa	6b	4b	6c
25	NDa	NDa	NDa	6b	4b	5d
30	NDa	NDa	NDa	6b	4b	5d
35	NDa	5.78b	1.25b	5d	4b	5d
40	2.66b	9.24c	11.46c	5d	4b	4e
45	3.11c	12.78d	11.14d	5d	4b	4e
50	9.87d	14.32e	17.42e	5d	4b	4f
น้ำกลั่น	-	-	-	8a	8a	8a
น้ำกลั่น (pH12)	-	-	-	8a	8a	8a

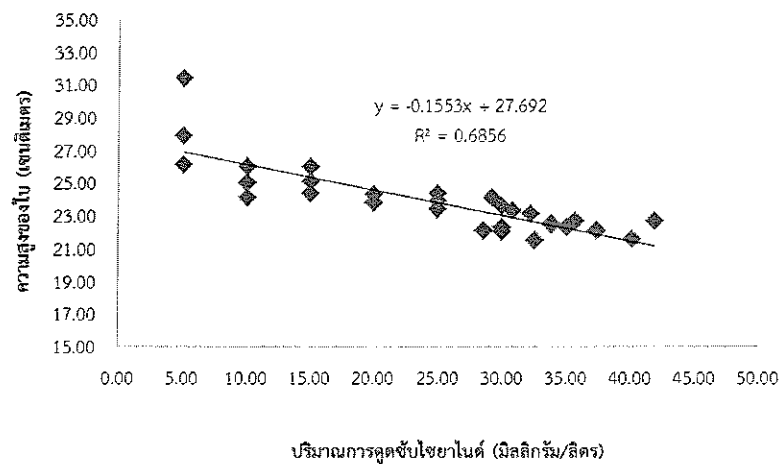
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



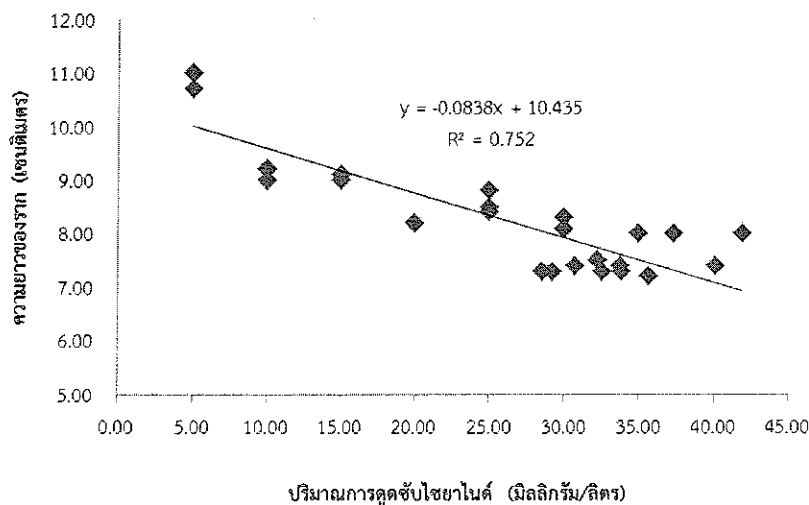
ภาพที่ 2 ปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในน้ำหลังจากบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์แต่ละสัปดาห์

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับไยชาไนต์กับความสูงของต้นและความยาวของรากหญ้าแฝก

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไยชาไนต์ในน้ำกับการเจริญเติบโตของต้นหญ้าแฝก พบว่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เท่ากับ 0.69 (ภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของต้นหญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์ มีผลทำให้ปริมาณไยชาไนต์ในน้ำลดลง และในขณะที่มีความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซับปริมาณไยชาไนต์กับการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝกมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในระดับสูงเช่นเดียวกันคือมีค่าเท่ากับ 0.75 (ภาพที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณการดูดซับไยชาไนต์มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของรากมากกว่าต้นหญ้าแฝก ซึ่งสอดคล้องกับสมบุญ (2548) ที่ได้กล่าวไว้ว่ารากหญ้าแฝกจะดูดธาตุอาหารจากในน้ำเสียได้ง่าย พืชจึงไม่ต้องปรับตัวให้รากยาวเพื่อไปดูดซับธาตุอาหาร และหญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีความเป็นพิษได้ดี และ Kadlec and Knight (1996) กล่าวว่าหญ้าแฝกจะช่วยดูดซับและลดปริมาณสารพิษได้ดี และจะสะสมสารพิษไว้ที่รากเนื่องจากรากมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกได้สูง จึงทำให้สารพิษสะสมในรากมากกว่าลำต้น ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าพืชที่สะสมในรากไปชะงักการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝก ซึ่งจะเห็นได้จากผลการศึกษาข้างต้นที่อัตราการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝกในแต่ละสัปดาห์น้อยกว่าในอัตราการเจริญเติบโตของต้นมาก



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับไยชาไนต์กับการเจริญเติบโตของต้นหญ้าแฝก



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับไยชาไนต์กับการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝก

สรุปผลการวิจัย

เมื่อความเข้มข้นของปริมาณไซยาไนด์สูงขึ้น จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ของหญ้าแฝกโดยทำให้ความสูงของใบ ความยาวของราก และระยะเวลาเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลดลง เนื่องจากหญ้าแฝกดูดซับไซยาไนด์เข้าไปสะสมในลำต้นทำให้กระบวนการเจริญเติบโตภายในรากและลำต้นผิดปกติไปส่งผลให้ชะลอการเจริญเติบโตทางรากและลำต้น และบางสายพันธุ์แห้งตายก่อนสิ้นสุดการทดลอง โดยหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาเป็นสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการบำบัดไซยาไนด์ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตและความทนทานต่อพิษของไซยาไนด์ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามหากความเข้มข้นของไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร ก็สามารถใส่หญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์ในการบำบัดไซยาไนด์ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 และได้รับการสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ปฏิบัติงานวิจัยจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารอ้างอิง

- จุฑารัตน์ อาวรัตน์ถาวร. 2547. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไซยาไนด์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต, <http://www.dpim.go.th/articles/article?catid=125&articleid=3240>. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2555.
- ธีระ สมหวัง, อำนวย โยธาศิริ, สุเมศ หับเงิน, กิ่งกานท์ พานิชชอก และสมชัย ลีมอรุณ. 2548. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม. เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. กรุงเทพฯ. หน้า 549-557.
- นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ. 2546. หญ้าแฝกกับการดูดซับโลหะหนักจากน้ำเสีย. กองแผนงานและวิเทศสัมพันธ์ สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2552. คู่มือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพืชกรองน้ำเสีย. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต, <http://www.haii.or.th/wiki84/index.php/การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพืชกรองน้ำเสีย>. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2557.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรรถพงษ์ ศักดิ์สงวนบุญ. 2552. 'ไซยาไนด์' นับ 1 หายนะ เมืองทองของไทย. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต, <http://prachatai.com/node/25808/talk>. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2557.
- Hall, A.H., Linden, C.H., Kulig, K.W. and Rumack, B.H. 1986. Cyanide poisoning from laetrile poisoning: Role of nitrite therapy. *Pediatrics*. 78:269-72.
- R.H. Kadlec, R.L. Knight. 1996. *Treatment Wetlands*, CRC Press, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- USA R.P. Tenegerdy, J.E. Johnson, J. Hollo and J. Toth. 1981. Denitrification and removal of heavy metals from wastewater by immobilized microorganisms. In *applied biochemistry and biotechnology* 6: 3-13.